

Tartu Ülikool

Loodus- ja täppisteaduste valdkond

Ökoloogia ja Maateaduste Instituut

Geograafia osakond

Bakalaureusetöö loodusgeograafias

12 EAP

Jäite ajalis-ruumiline esinemine Eestis perioodil 2005-2013

Reemet Okas

Juhendaja: MSc Jüri Kamenik

Kaitsmisele lubatud:

Juhendaja:

Instituudi juhataja:

Tartu 2016

Jäite ajalis-ruumiline esinemine Eestis perioodil 2005-2013

Bakalaureusetöö

Reemet Okas

Lühikokkuvõte. Bakalaureusetöös uuritakse jäite ajalis-ruumilist esinemist Eestis perioodil 2005-2013. Töö esimesed kolm peatükki käsitlevad jäite olemust, mõju, mõõtmist, tekkimist ning erinevaid juhtumeid-uuringuid maailmas ja Eestis. Neljandas peatükis kirjeldatakse kasutatud andmestikku ja metoodikat ning viies sisaldab tulemusi ja diskussiooni, kus võrreldakse saadud tulemusi ka eelnevate jäiteuuringutega perioodidel 1950–1991 ning 1991–2005. Andmeanalüüsis lähtutakse ka jäite esinemise teooriate paikapidavustest Eesti näitel.

CERCS teaduseriala: P500 Geofüüsika, füüsikaline okeanograafia, meteoroloogia.

Märksõnad: Jäide, jäätumine, jäätuv vihm, sademed, meteoroloogia.

Spatio-temporal distribution of glaze in Estonia, 2005-2013

Bachelor's thesis

Reemet Okas

Abstract. The objective of this bachelor's thesis is to evaluate the spatio-temporal distribution of glaze in Estonia from 2005 to 2013. The first three chapters dissert the nature, affect, measurment, formation and different scenarios-surveys of glaze in the World and in Estonia. The forth chapter describes the used data and analyzing methods and the fifth chapter includes the results and the discussion. The resultants of this thesis are also compared to the glaze surveys done between 1950–1991 and 1991–2005. The data analysis also evaluates the glaze occurrence theories suitability in Estonia.

CERCS research specialisation: P500 Geophysics, physical oceanography, meteorology.

Keywords: Glaze, freezing, freezing rain, precipitation, meteorology.

Sisukord

Sissejuhatus	4
1. Jäide	5
1.1 Jäite definitsioon. Selle mõju inim- ja looduskeskkonnale	5
1.2 Jäite tekkimine.....	6
1.4 Jäite mõõtmine	9
1.5 Jäite juhtumid ja uuringud maailmas	10
1.6 Jäite juhtumid ja uuringud Eestis	13
2. Andmed ja metoodika	15
2.1 Kasutatud andmed	15
2.2 Metoodika.....	16
3. Tulemused ja diskussioon	17
3.1 Jäide Eestis 2005–2013	17
Kokkuvõte	26
Summary	27
Tänuavaldus	28
Kasutatud allikad.....	29

Sissejuhatus

Vihm kui kõige tuntum meteoroloogiline atmosfäärinähtus registreeritakse kui vähemalt 0,5 cm läbimõõduga sulanud veetilgad jõuavad läbi püsivalt soojade õhukihtide aluspinnani (Ahrens, 2008). Kuid kui vihm sajab allajahtunud pindadele – näiteks maapinnale, puudele, hoonetele või traatidele – siis tekib jäide. Sellist jää- või sulalume kuhjumist pindadele nimetatakse ladestuseks (nt jääladestus, sulalume ladestus, segatüüpi ladestus jne). (Tillmann, 2008) Kuhjunud ladestuse raskuse all võivad puud murduda, elektriliinid katkeda jne. (Mander & Liiber, 2014) Jäite (ja kiilasjäa) leviku uurimine on väga oluline, sest jäide avaldab suurt mõju nii inim- kui ka looduskeskkonnale. (Tillmann, 2008)

Käesoleva töö eesmärgiks on analüüsida Eestis jäite andmeid (keskmine, maksimaalne, minimaalne jäite ladestuse diameeter, paksus, mass grammides, mass grammides ühe meetri kohta, jäitepäevade arv, jäite kestus tundides) perioodil 2005–2013 nii ruumilises, aastate kui ka kogu perioodi lõikes ning võrrelda saadud tulemusi eelnevate perioodidega, milleks on 1950–1991 ja 1991–2005 (Tillmann, 2008). Samuti võib käesoleva väitekirja jäiteuuringu osa pidada pilootuuringuks, sest esmakordselt (varasemalt on olemas vaid tabelandmed) (Jaagus & Kallis 2016, suulised andmed) koostati Eesti jäiteleviku kaart.

Töös kasutatud andmestik saadi Riigi Ilmateenistusest. Kasutati andmeid jäite ajalise esinemise, kestvuse, diameetri, paksuse ja massi kohta. Perioodi 2005–2013 kohta olid digitaalsel kujul olemas nelja vaatlusjaama andmed, mida kõiki ka käesolevas töös kasutati. Need vaatlusjaamad olid Tallinn-Harku, Tartu-Tõravere, Väike-Maarja ja Võru.

Andmetöötlus viidi läbi *MS Excelis*, kaartide koostamiseks kasutati tarkvara *Surfer* versiooni 13. Töö on jaotatud kuueks peatükiks: esimesed kolm peatükki käsitlevad jäite olemust, mõju, mõõtmist, tekkimist ning erinevaid juhtumeid-uuringuid maailmas ja Eestis; neljandas peatükis kirjeldatakse kasutatud andmestikku ja metoodikat ning viies sisaldab tulemusi ja diskussiooni.

1. Jäide

1.1 Jäite definitsioon. Selle mõju inim- ja looduskeskkonnale

Jäide – tingmargiga ∞ – (inglise keeles *glaze ice* või lihtsalt *glaze*) (WMO, 1975) on läbipaistev või poolläbipaistev jääkiht (Jürissaar, 2011), mis tekib puuokstele, rohukörtele, elektriliinidele, autodele ning kõikide objektide pindadele, mis on avatud pinnaga kokkupuutel külmuvate sademeteosakestele (nagu allajahtunud vihma-, uduvihma- või udupiisad) tavaliselt siis kui õhutemperatuur on vahemikus $-1 \dots -3$ °C, äärmisel juhul kuni -10 °C (Jürissaar, 2011). Jäide on tihedam kui härmatis ja kirmetis ning selle tihedus võib olla nii $0,8 \text{ g/cm}^3$ kui ka $0,9 \text{ g/cm}^3$ (AMS Glossary). Jäide sarnaneb morfoloogiliselt jääga (WMO, 1975).

Puutudes kokku mingi allajahtunud pinnaga, valguvad (allajahtunud vedelad) sademeosakesed sellel laiali ja moodustavad veekihi, mis jäätub, moodustades jäite. Jäide tekib aeglaselt jäätuvast allajahtunud vedelast sademeveest, mis enne külmumist on suuteline läbistama jääosakeste vahelisi poore (WMO, 1975). Erinimetust kasutatakse jäite kohta, mis tekib maapinnal – **kiilasjää** või mustal (asfalt-)teekattel – **must jää** (Tillmann, 2008).

Jäide on juba tekkemomendist alates ohtlik ja alates 20 millimeetrisest läbimõõdust eriti ohtlik ilmanähtus (Tillmann, 2008). Must jää on väga ohtlik autojuhtidele, sest vähendab sõidutee pealmise kihi haakeomadusi, pikendades pidurdusteed kuni 9 korda (Tillmann, 2008). Lisaks teeohutusele, raskendab autoakendele tekkiv jäide nähtavust ja kahjustab lukusüsteeme. Kiilasjää põhjustab ka kõnniteede libedust, seega on jäide ohtlik ka jalakäijatele.

Lisaks autoliiklusele kujutab jäide ohtu ka lennunduses ja laevanduses. Pilvedes viibivale õhusõidukile, mis asub jäätumiseks¹ soodsas pilveosas, sadestuvad ja külmuvad allajahtunud veepiisad. Jäite tekkimist antud olukorras soodustab ka lennuki lendamiskiirus, mis on ümbritseva õhu liikumisest suurem. Seetõttu on jäite tekkimine lennumasinatel kordades intensiivsem kui maapealsetel sõidukitel ja objektidel. Tekkiv jäitekiht muudab lennuki aerodünaamikat (millest tekib ohtlik vibratsioon), kiirust, suurendab kaalu, raskendab piloodil

¹ Õhusõidukite jäätumiseks nimetatakse tahkete sademete kihi moodustumist õhusõidukitel ja nende osadel (Jürissaar, 2007). Autori märkus.

ümbruse jälgimist ning maandumist, põhjustab aparatuuri valenäitusid ja rikub väga sageli raadiosidet (Jürissaar, 2007). Tugev jäätumine veesõidukitel võib põhjustada raskuskeskme ohtliku nihkumise, mistõttu võib alus tugeva lainetuse korral kummuli minna (Tillmann, 2008).

Jäide avaldab mõju ka looduskeskkonnale ja maapealsetele sidevahenditele. Paksema jäitekihi korral võivad tugeva tuulega murduda puude oksad, katkeda elektri- ja telefoniliinid, ümber kukkuda nende tugipostid (Ahrens, 2008). Põldudele tekkiv jääkoorik pärsib taimede gaasivahetust. Seetõttu võib osa floorast või koguni kõik külvatud kultuurid hävida (Tillmann, 2008).

1.2 Jäite tekkimine

Soodsad tingimused jäite tekkeks on vihasadu ja udu tekkimine miinuskraadidega, uduvihm, lumesadu, vihm koos lumega 0 °C lähedasel temperatuuril. Vedelaid sademeid miinuskraadidega nimetatakse ka allajahtunud sademeteks, vihma miinuskraadidel nimetatakse täpsemalt jäätuvaks vihmaks. (Tillmann, 2008)

Jäidet põhjustavad allajahtunud sademed tekivad peamiselt **kihtsajupilvede** (*Nimbostratus*) ja inversioonikihi (iseloomuliku temperatuuriprofiili) koosmõjul. Kihtsajupilved moodustavad kogu taevast katva halli, tumehalli, sinaka või harva kollaka varjundiga läbipaistmatu pilvemassi, millest tuleb laussademeid (lausvihm, lauslõrts, lauslumi, jäävihm, jäätuv vihm). Kihtsajupilved on väga ulatuslik, mitme kilomeetri paksune pilvemass, mille alumine piir asub 1,5-3 km kõrgusel Maa aluspinnast (asuvad hatakpilvedest kõrgemal). Kihtsajupilved on parasvöötmes enamasti frontaalsed pilved, mis võivad tekkida nii soojal, külmal kui ka oklusioonifrondil, kuid nad tekivad vahel ka konvektsioonipilvedest (rünksajupilvede lagunemise faasis). (Kamenik, 2015)

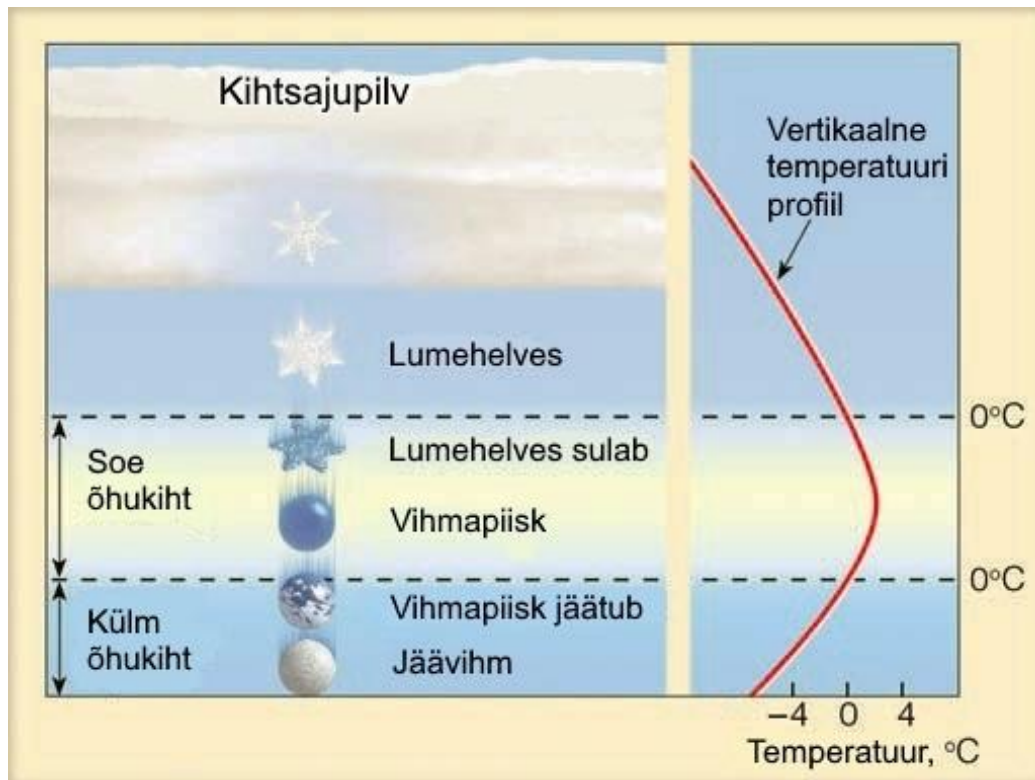
Eestis põhjustab kõige sagedamini jäidet soojade õhumasside sissetung läänest või edelast. Kui enne sooja frondi saabumist valitses külm ilm, siis sooja õhumassi üleminekuga kaasneb tsükloni soojas sektoris temperatuuri oluline tõus. Sooja õhu jahtumisel külmal aluspinnal tekib

udu, võib sadada uduvihma. Samal ajal tekib tugev inversioon². Nagu eelpool mainitud, siis õhutemperatuur on jäite puhul tavaliselt vahemikus +1 °C kuni -3 °C, kuid üksikutel juhtudel võib ulatuda kuni -10 °C (Jürissaar, 2011). Kui õhutemperatuur on 0 °C lähedane, võib tekkida jäide ja kiilasjäa. Intensiivseim jäide tekib aeglaselt liikuva sooja frondi korral. Kiiresti liikuva frondi korral toimub õhumasside kiire segunemine ja jäite ladestus on lühiajaline. (Tillmann, 2008)

Jäide võib tekkida ka massiivse advektiivse jäätumise tagajärjel antitsükloni lääneosas, kus õhuvoolud on edelast või lõunast. Sooja niiske õhu kandumisel külmale aluspinnale tekib inversioonikiht, mille all moodustavad **kihtpilved** (*Stratus*), mis on teiseks pilveligiks, millest võib allajahtunud sademeid (jäätuvat uduvihma) tulla. Üheks jäite tekkimist soodustavaks teguriks on ka tuul, mille tõttu tekib jäidet rohkem okste ja traatide tuulepoolsetele külgedele. Jäite esinemine sõltub ka mere lähedusest, reljeefist ja koha kõrgusest. Jäätumise oht on suurim detsembris, mil pikkadel öödel põhjustab maalähedase õhukihi jahtumist ka maapinna kiirguslik jahtumine. Kõige vähem tekib jäidet saartel ja rannikul, sest seal on õhutemperatuur kõrgem. (Tillmann, 2008)

Frontide üleminekuga võivad kihtsajupilved kevaditi, sügiseti ja talviti endaga kaasa tuua **jäävihma**, mis sajab siis, kui pilvede ja aluspinna vahel on soe (üle 0 °C temperatuuriga) õhukiht, kus lumi või lörts sulab, kuid aluspinna lähedal on külm (alla 0 °C temperatuuriga) õhukiht, kus tekkinud vihm hakkab uuesti külmuma. Sõltuvalt õhukihtide kõrgustest ja paksusest võib sadada ainult jäätuvat vihma või sellega läbisegi jäävihma, mille osakesed võivad olla täiesti või osaliselt jäätunud jääterakesed, sisaldades külmumata vett. Jäävihma terakesed põhjustavad erilist jäävihma ja maapinna kokkupuutel tekkivat sahinat. (Kamenik, 2015)

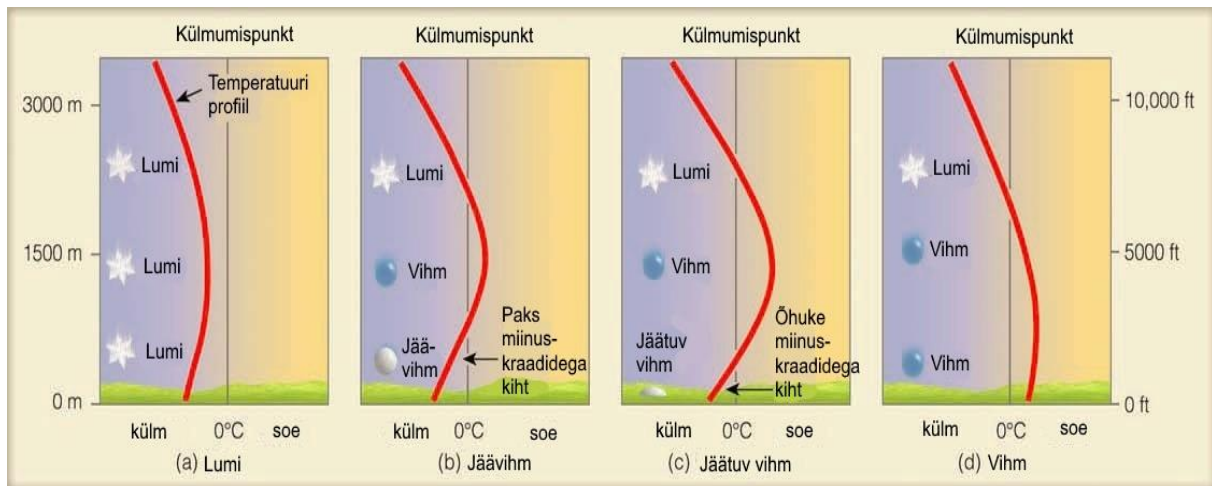
² Inversioon on nähtus, kus õhutemperatuur tõuseb vertikaalsuunas, vastupidiselt normaalolukorrale, kus temperatuur ülalpool on madalam. (Kamenik, 2015) Autori märkus.



Joonis 1. Jäävihma moodustumine. Jäävihm moodustub, kui osaliselt sulanud lumehelves või 0 °C lähedase temperatuuriga vihmapiisk jäätub, moodustades enne maapinnale jõudmist jääkestaga kaetud veetilga. (ümberkohandatud ja tõlgitud Ahrens, 2008).

Jäävihmaga väga sarnane on alla 0 °C õhutemperatuuri juures esinev **allajahtunud** ehk **jäätuv vihm**, mille vihmapiiskade ümber ei ole jääkesta jõudnud tekkida. Väljanägemiselt on tegu nagu tavalise vihmaga, kuid on tavalisest vihmast külmem, suure jäitepotentsiaaliga. (Kamenik, 2015) Põhimõtteliselt on jäävihm ja jäätuv vihm tekkeprotsessi poolest sarnased, erinedes vaid jäätumisastmelt, mida omakorda mõjutab pluss- ja miinuskraadidega õhukihi võimsus, paksus ja omavaheline asetus. Jäävihma tekkimine ning lume, jäävihma, jäätuva vihma ja (tavalise) vihma tekketingimused on toodud ka vastavatel joonistel³ 1. ja 2 (vt. Joonis 1 ja Joonis 2).

³ Joonised 1 ja 2 on tõlgitud inglise keelest eesti keelde. Tõlgete joonistele kandmiseks kasutas käesoleva väitekirja autor pilditöötlusprogrammi Paint.NET. Autori märkus.

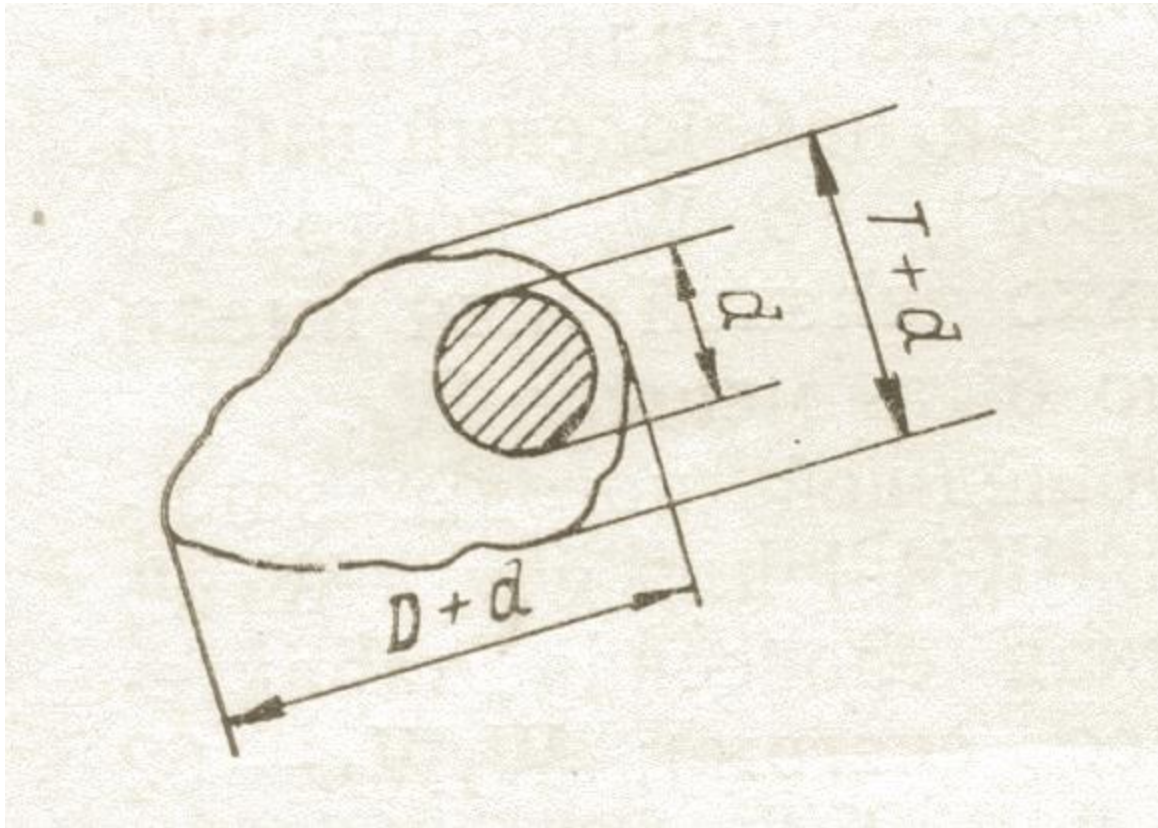


Joonis 2. Lume, jäähvihma, jäätuva vihma ja (tavalise) vihma tekketingimuste võrdlus. (ümberkohandatud ja tõlgitud Ahrens, 2008)

Joonisel 2 on näidatud erinevaid temperatuuriprofiile ja selle mõjul tekkivaid sademeliike. Profiilil (a) on õhutemperatuur kõigis õhukihtides alla $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – pilvedes tekkinud lumehelbed jõuavad aluspinnani; (b) profiilil on teatud kõrgusel õhukihi temperatuur kõrgem kui $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, nii et lumehelbed sulavad osaliselt, kuid paksus aluspinnalähedases miinuskraadidega õhukihis jääb tekkinud vihm siiski jäähvihmaks, külmumata veest tekib jäide (kiilasjääd); profiil (c) on miinuskraadidega kiht madalamal (piirneb enamasti aluspinnaga) ja seetõttu ka õhem – tekkinud vihmapiisad jäävad allajahtunud olekusse, moodustades allajahtunud vihma, mille piisad jäätuvad kokkupuutel mingi pinnaga, tekitades jäidet; (d) profiilil on temperatuur üle $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ väga paksus (enam kui 1 km) õhukihis, seetõttu jõuavad aluspinnale ka ainult vihmapiisad. (Ahrens, 2008)

1.4 Jäite mõõtmine

Jäite ladestuse paksust mõõdetakse Tallinn-Harku, Tartu-Tõravere, Võru ja Väike-Maarja meteoroloogiajaamades jäitepukiga, mis koosneb kolmest üksteisest täisnurga all 90 cm kaugusel asetsevast vertikaalsest postist. Poste ühendab omavahel 5 mm läbimõõduga traatide paar, mis on maapinnast vastavalt 1,9 m ja 2,2 m kõrgusel. Madalamad traadid on alalised ja mõeldud ladestuse mõõtmete – läbimõõt ja paksus – määramiseks. Kõrgemaid, vahetatavaid traate kasutatakse ladestuse massi määramiseks. Kolm posti moodustavad kokku kaks külge, mis on suunatud põhjast lõunasse ja idast läände. (Tillmann, 2008)



Joonis 3. Ladestuse diameetri (D) ja tuseduse ehk paksuse (T) mõõtmise skeem. d -täht tähistab jäitetraadi diameetrit (5 mm). (Tillmann, 2016)

Jäitepuki traatide ülevaatusi tehakse siis, kui jäite tekkeks on prognoositud soodsaid ilmastikuolusid, kuid oluline on seejuures fikseerida võimalikult täpselt ladestuse tekke (jäätumise) algusaeg. Alates algusajast kontrollitakse jäitepuki traate iga pooleteise tunni järel kuni ladestuse täieliku kadumiseni ning mõõdetakse ladestuse maksimaalne diameeter ehk ristlõike pikem telg ja paksus millimeetrites. Need näitajad registreeritakse pärast traadi paksuse mahaarvutamist (vt Joonis 3). Ladestuse mass määratakse siis, kui kas või ühel traadil on jäite korral ladestuse diameeter vähemalt 5 mm. Jäite ladestuse massi mõõteühikuks on jäite ladestuse mass 1 m traadi kohta (g/m). (Tillmann, 2008) Automaatsete jäitemõõtmisvahendite olemasolukohta puuduvad autoril andmed.

1.5 Jäite juhtumid ja uuringud maailmas

Esimesed teadaolevad jäite juhtumid ja uuringud pärinevad 19. sajandi lõpust, täpsemalt 1898. aasta 20. oktoobrist kui Kesk- ja Ida-Saksamaad räsib ulatuslik jäätorm. Sakslasest teadlane dr.

Meinardus uuris seda sündmust põhjalikult, sõnastades kolm põhilist meteoroloogilist tingimust, mis on vajalikud jäite tekkimiseks. Esimeseks tingimuseks on see, et mingisuguse (maapinnast kõrgema) õhukihi temperatuur peab olema üle 0 °C. Teiseks, antud õhukiht peab olema niiskusest küllastunud ja seal peab olema vertikaalseid (püstsüüas) liikumisi, et toimuks veeauru kondenseerumine. Kolmandaks on vajalik, et antud sooja õhukihi all paikneb õhukiht, mille temperatuur jääb alla 0 °C. (Okada, 1914)

1940. aastal jaanuari lõpus leidis Inglismaal ja Walesis aset nendele piirkondadele väga ebatavaline ja erandlik meteoroloogiline fenomen – jäide. Ebatavalisus ja erandlikkus väljendusid just jäite laias levikus ja ülisuurtes kahjudes erinevat liiki puudele, telefoniliinidele, elektrikaablitele ja teistele objektidele. (Sanzen-Baker & Nimmo, 1941)

1998. aasta 5.–10. jaanuaril tabas Põhja-Ameerika, eriti Kanada ja Uus-Inglismaa, idaosasajandi tormi nime all tuntud jäätorm, mis tõi endaga kaasa jäätuvat vihma ja jäidet, mille läbimõõt ületas 10 cm, lisaks jäävihma, jääkruupe ja lund. Torm nõudis vähemalt 25 inimese elu; umbes 900 000 majapidamist jäi elektrita, 100 000 elanikku vajab peavarju. Lennu- ja rongiliiklus oli häiritud. Ei saa märkimata jätta, et üldine jäite kestvuse maailmarekord kuulub 1969. aastast Connecticuti osariigile Ameerika Ühendriikides. Jäide püsis selles haldusüksuses 6 nädalat. (Ahrens, 2008 & Tillmann, 2008)

Lisaks Saksamaale (Okado, 1914), USA-le, Kanadale (Ahrens, 2008) ja Eestile (Tillmann, 2008) on uuritud ja uuritakse jäidet ning jäätumisprotsesse ka Rumeenias (Brădă & Crețu, 2012) ja Leedus (Laurinavičius et al., 2007) just teohutust silmas pidades.

Jäiteuuringud ei pruugi piirduda ainult loodusliku jäite mõõtmisega jäitepukilt, vaid võivad võtta ka aprioorsed simulatiivsed mõõtmised. Nagu peatükis 2 mainiti, siis võib jäide põhjustada ka elektriliinide katkemist. Jäätuva vihma tulemusel tekivad suure diameetriga jäide on kahjulik elektrivõrgu seadmetele. See võib põhjustada muutusi elektrijuhtide (ehk elektriliinide) ja elektripostide aerodünaamikas, tekitades mitme meetriste amplituutidega võnkumisi, mille tulemusel elektriliinid katkevad. Tekkivad sotsiaal-majanduslikud kahjud võivad olla katastroofilised ja ulatuda sadadesse tuhandetesse dollaritesse. Järelikult, on oluline ennetada jäite ladestumist või leevendada selle mõju välitingimustes töötavatele elektriseadmetele. Kõige suuremaks probleemiks on jäide Kanadas, eriti riigi idaosas (Tillmann, 2008).

Üks moodus jäitega seotud probleeme lahendada oleks suurendada elektriliinide ja -postide mõõtmeid, mis omakorda parandaks nende vastupidavust, kuid sellised ehitustööd oleksid väga mastaapsed ja kulukad. Jäiteproгноos aitaks kaasa jäätumist takistavate vahendite õigeaegsele kasutamisele, mis vähendaks märgatavalt ekstreemsest jäitest tingitud kahjusi. (Lébatto et al., 2015)

Seoses pideva jäite ohu ja sellest nähtusest tingitud kahjude ennetamiseks ning tekkivate kahjudega valmistumiseks löid Québeci ja Alberta ülikooli teadlased mudelsimulatsiooni, mille abil ennustada, lisaks elektrijuhtidele tekkiva jäite paksusele ja massile, ka jäite ja jääpurikate mõõtmeid ja kuju. Loodud mudelsimulatsiooni headust kontrolliti laboritingimustes erinevatel temperatuuridel (-12, -10, -8, -5, -3, -1 °C), sademeintensiivsuste (43, 51, 59, 65 mm/h) ja ühesugusel keskmisel tuulekiirustel (4,7 m/s). Eksperimendi tarbeks pihustati 35,1 mm paksusele ja 1 m pikkusele elektriliinile tunni aja jooksul 3 °C kraanivett. Silindri temperatuuriks võeti vee külmumistemperatuur 273 K, samuti arvestati soojuskaoga, mis takistab jäite, kuid soodustab jääpurikate teket, mis omakorda soodustavad tuuletakistuse suurenemist ja sellest tulenevat resonantsi. Kogu teadustöö eesmärgiks oli koostada ruumimudel, mis ennustaks jääladestuse kuju ja kaalu koormust silindrilisel mittepöörleval elektriliinil ning seejärel võrrelda saadud arvutuslikke tulemusi laboratoorselt tekitatud karmide jäätumistingimuste ja keskmise tuulekiiruse koosmõjul. Katsetega leiti, et hoolimata sellest, et mudelsimulatsioon hindas üle kogu ladestuse massi, andis see siiski elektriliini ümbritseva õhu temperatuure ja erinevaid sademehulki (intensiivsust) kasutades arvestatavaid tulemusi jäite ja jääpurikate tekkeprotsessi prognoosimisel. Ladestuse kasvu antud tingimustes, hoolimata suurest potentsiaalist veetilkadel sulada, liituda ning sellest tulenevalt jäidet ja jääpurikaid moodustada, limiteerib piiratud soojusülekanne. Looduslikes tingimustes on vastupidi – antud protsesside edukust tingib arvatavasti (jäävihma-)veepiiskade liitumisvõime. See võib avaldada suurt mõju jääpurikate liitumisele ja sellest tingitud ladestuse massi kasvule. Kokkuvõttes on kirjeldatud mudel suuteline ennustama jääpurikate ridade pikkusi, hoolimata sellest, et saadud ruumimudelid kujutavad jääpurikaid liiga pikkade ja peenikestena. (Lébatto et al., 2015)

1.6 Jäite juhtumid ja uuringud Eestis

Kõige võimsamad jäite juhtumid jäävad 1960ndatesse. 1968. aasta novembri algul tekkis Põhja-Eestis jäide, mis saavutas suurimad mõõtmed Väike-Maarjas, Narvas ja Jõhvis, kus mõõdeti ladestuse massiks vastavalt 416 g/m, 200 g/m ja 264 g/m. Jäite kasv kestis 24 tundi ja see ladestus püsis pärast seda veel 20–32 tundi. Selle jäite põhjustajateks olid 31. oktoobri õhtul ja 1. novembri öösel Põhja-Uurali ja Suurbritannia edelarannikul paiknenud tsüklonid, mida õhendas lääne-ida suunaline aktiivne suurte temperatuuri kontrastidega frontaaltsoon, mis ulatus üle Kesk-Eesti. Eesti põhja- ja lõunaosas olid suur temperatuuri erinevus: vastavalt 0...-1 °C-st 10...14 °C-ni (lõunapiiril). Frondi piirkonnas oli õhk väga niiske. Jäite kasvuperioodil oli taevast pidevalt kaetud kihtsajupilvedega, millega kaasnesid laussademed. Sooja frondi eel tekkis jäide, mõnel pool sadas vihma või uduvihma ja samal ajal oli uduline. Tuul puhus idast ja kirdest kiirusega 3–6 m/s. (Tillmann, 2008)

Raamatus „Eesti ilma riskid“ on ajaperioodil 1950–2005 (vt Tabel 1) jäidet kirjeldatud järgnevalt: „Võrreldes 1991.–2005. ja 1950.–1991. aasta jäite ladestuse andmeid, võib täheldada nii ladestusjuhtude arvu, kestuse kui ka mõõtmete vähenemist. Väga kindlalt seda aga väita ei saa, sest meteoroloogiajaamade arv, kus ladestust mõõdetakse, on viimasel ajal tunduvalt vähenenud. Perioodil 1991.–2005. aastal oli jäidet kõige sagedamini jaanuaris. Vaadeldud andmete põhjal on jäidet registreeritud rannikul keskmiselt 1 päeval ja sisemaal 10 päeval. Väike-Maarja ilmajaamas aga isegi 12 päeval aastas. Eestis kestab iga jäitejuhtum tavaliselt alla ööpäeva, püüdes kõige kauem sisemaal. Jäite läbimõõt ei ületanud 1991.–2005. aastal 10 mm.“ (Tillmann, 2008)

Tabel 1. Jäite maksimaalsed näitajad eri perioodidel. (Tillmann, 2008)

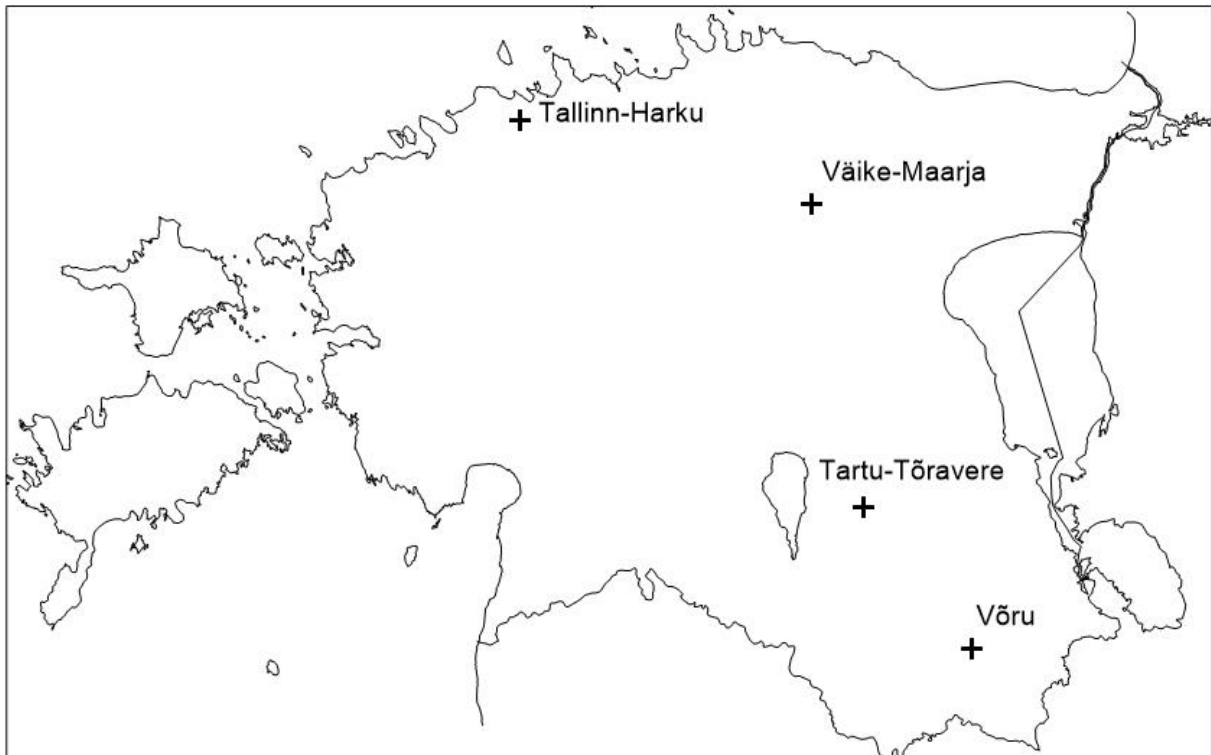
	Periood 1950–1991	Periood 1991–2005
Jäite maksimaalne kestus (h)	178	116
Jäite maksimaalne diameeter (mm)	73	10
Jäite maksimaalne kaal (g/m)	416	104

Kõige hilisemad jäite (ja musta jää) juhtumid pärinevad 2016. aasta veebruarikuu keskpaigast, täpsemalt perioodist 18.–21.02.2016, kui Eesti jäi valdavalt tsükloni ja antitsükloni meelevalda (Ilmateenistus). Sellistest õhumasside paiknemisest tingituna esinesid Eestit ka ulatuslikud nullilähedased temperatuurid. Tekkinud jäide põhjustas mitmeid liiklusõnnetusi nii Edela-Eestis kui ka Kirde-Eestis. Pärnumaal (Politsei- ja Piirivalveamet) Tahkuranna vallas sõitis 46-aastane mees libeduse tõttu teelt välja. Sõiduki juht vajab ka kontrollvisiiti Pärnu haiglasse. Samuti olid liiklusolud ohtlikud Kirde-Eestis, täpsemalt Ida-Virumaal. (Politsei- ja Piirivalveamet). Musta jää diameetri kohta autoril andmed kahjuks puuduvad.

2. Andmed ja meetodika

2.1 Kasutatud andmed

Käesolevas uurimuses kasutati Riigi Ilmateenistuse jäite andmeid perioodi 2005–2013 kohta Tallinn-Harku, Tartu-Tõravere, Väike-Maarja ja Võru vaatlusjaamades (vt Joonis 4). Antud perioodi valik on tingitud autori soovist jätkata raamatu „Eesti ilma riskid“ jäite tabelite perioodilist järgnevust. Valitud perioodi pikkus on tingitud andmete olemasolust, autori soovist neid andmeid eelnevate perioodidega siduda ning 2014. ja 2015. aasta andmete puudumisest digitaalkujul.



Joonis 4. Töös kasutatud Riigi Ilmateenistuse vaatlusjaamade asukohad.

Jäite(-härma⁴) ladestuse vaatlused tehakse koordineeritud maailmaaja (UTC) järgi. Sellest momendist, kui on kujunenud jäite ladestuse tekkimiseks soodsad ilmatingimused tehakse jäitepuki traatide ülevaatus. Jäite kestust mõõdetakse tundides, läbimõõtu ja tüsedust

⁴ Jäidet ja härmatist mõõdetakse koos, kuid kuna käesolev väitekiri keskendub jäitele, käsitletakse antud peatükis ainult jäite mõõtmist. Autori märkus.

millimeetrites ning kaalu grammides meetri kohta. (Tillmann, 2016). Jäitepäevadeks loeti kuupäevad, kui vaatlaja registreeris jäitepukil jäite. Jäitepäevad leidis autor andmekorduste eemaldamisel.

2.2 Metoodika

Andmete töötlemiseks kasutati *MS Excelit* ning kaartide vormistamiseks tarkvara *Surfer* versiooni 13. Algsed jäite andmed olid *MS Exceli* tabeli kujul.

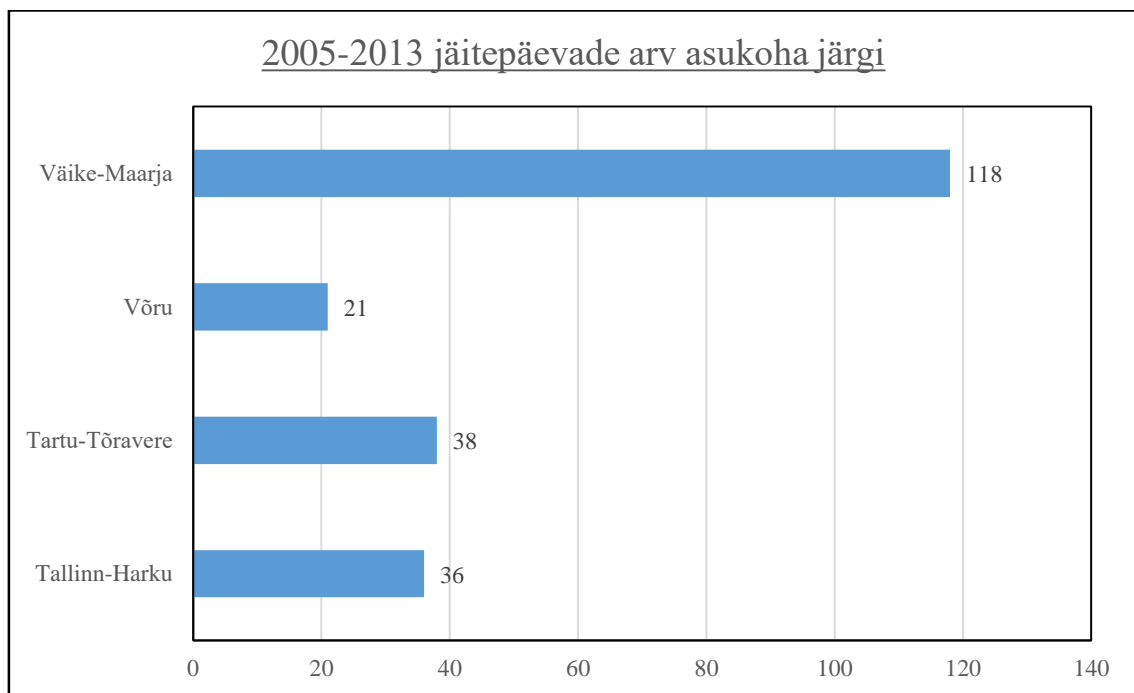
Kuna jäite andmed esitatis koos härmatise andmetega, siis tuli esmalt selekteerida välja jäite andmed ning eemaldada käesoleva väitekirja kontekstis ebavajalikud andmed, nagu alguskellaaeg, algne ja maksimaalne õhutemperatuur ning tuule maksimaalne kiirus jäite (tekkimis)perioodil. Kuupäevakordused olid tingitud erinevate ladestuste koostekkimisest, näiteks võib jäide tekkida ka härmatise peale ja vastupidi, seega märgitakse andmetabelisse järgmisele reale sama kuupäeva alla erinevate ladestute mõõtmed. Pärast seda selekteeriti andmeid nii ilmajaamade kui ja aastate kaupa ja arvutati keskmised ning leiti maksimaalsed näitajad nagu kestus, diameeter ja mass.

Töödeldud 9-aastase aegrea andmete alusel koostati programmiga *MS Excel* graafikud ja tarkvaraga *Surfer* kaardid, kus kujutati samajoontena jäite andmeid, näiteks keskmist ajalist kestust, neljas ilmajaamas perioodidel 2005-2013. Samuti koostati ka eraldi kaarte teatud oluliste näitajate, nagu jäite ladestuse diameeter, kohta iga aasta lõikes.

3. Tulemused ja diskussioon

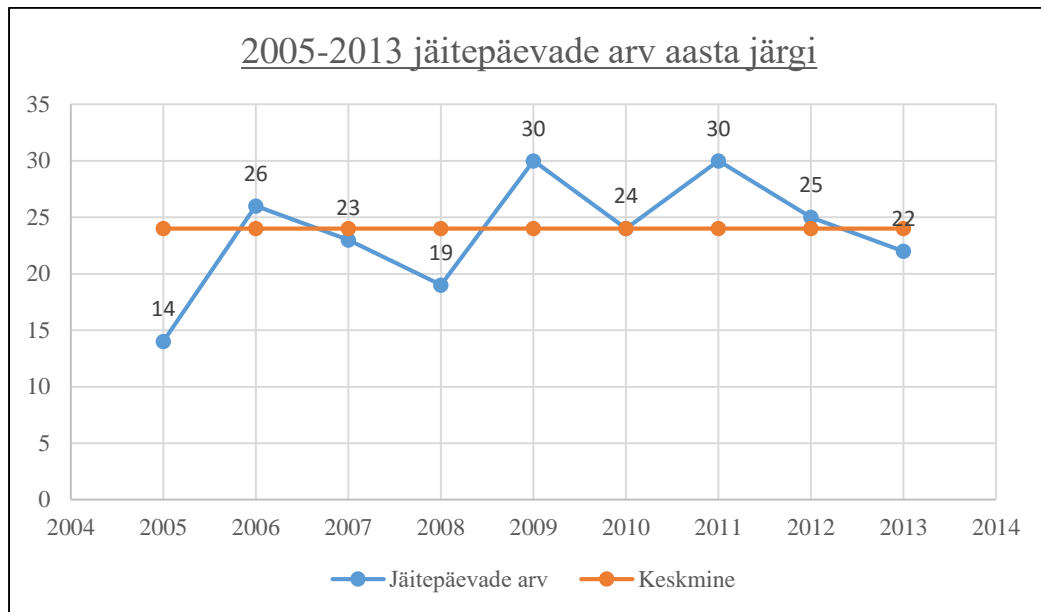
3.1 Jäide Eestis 2005–2013

Perioodil 2005–2013 tehti neljas jaamas kokku 314 jäite mõõtmist Tallinn-Harku, Tartu-Tõravere, Võru ja Väike-Maarja ilmajaamades mõõdeti jäidet vastavalt 43, 57, 45 ja 169 korda. Jäitepäevi, ehk jäite juhtumid kokku ilma kordusteta vähemalt ühes ilmajaamas, oli Eestis antud perioodil 213 (vt Joonis 4). Kõige rohkem oli jäitepäevi Väike-Maarjas, mis on ka eelmistel ajaperioodidel (Tillmann, 2008) samade näitajate poolest esikohal.



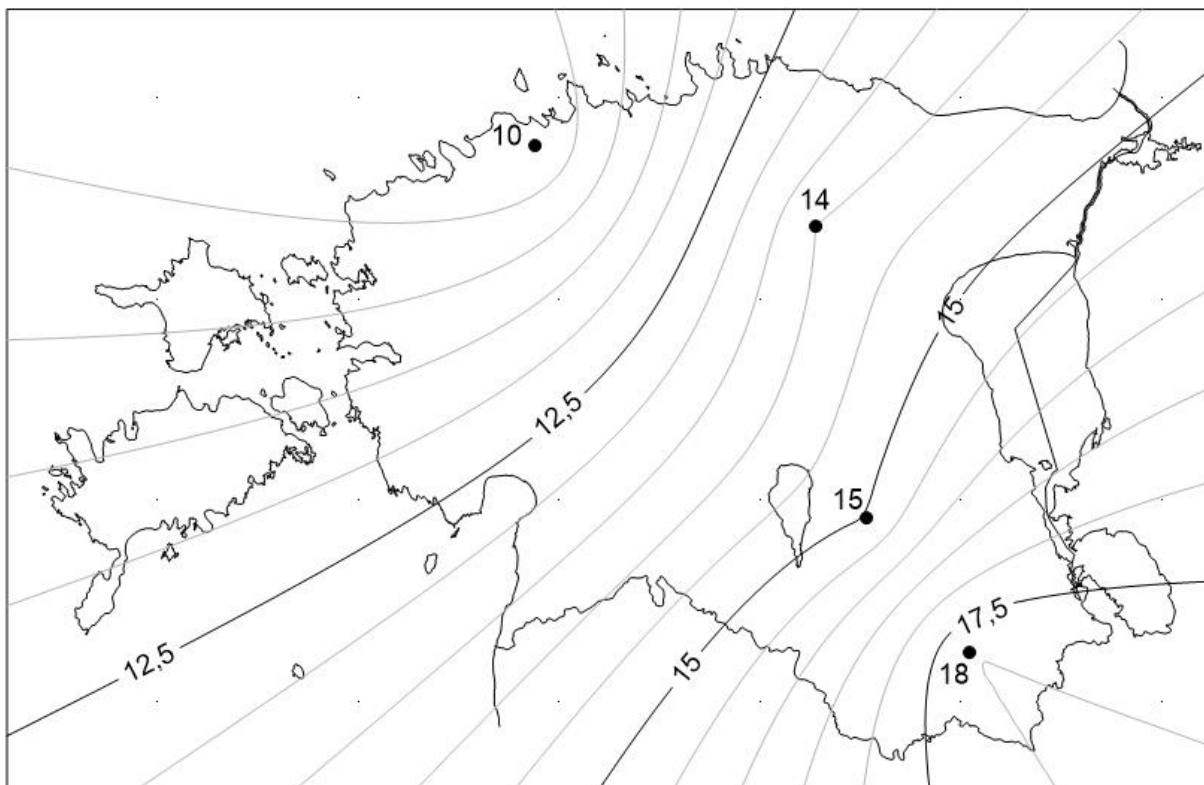
Joonis 4. Perioodi 2005-2013 jäitepäevade arv asukoha järgi.

Enim, täpsemalt 30, oli perioodil 2005–2013 jäitepäevi 2009. ja 2011. aastal (vt Joonis 5). Kõige vähem oli jäitepäevi 2005. aastal. Kogu aegrea keskmine jäitepäevade arv oli 24. Kui perioodi algusaastatel on märgata jäitepäevade kasvu, siis lõpuperioodil, alates 2011. aastast, hoopis jäitepäevade vähenemist. Käesoleval ajavahemikul oli jäidet kõige sagedamini detsembris.



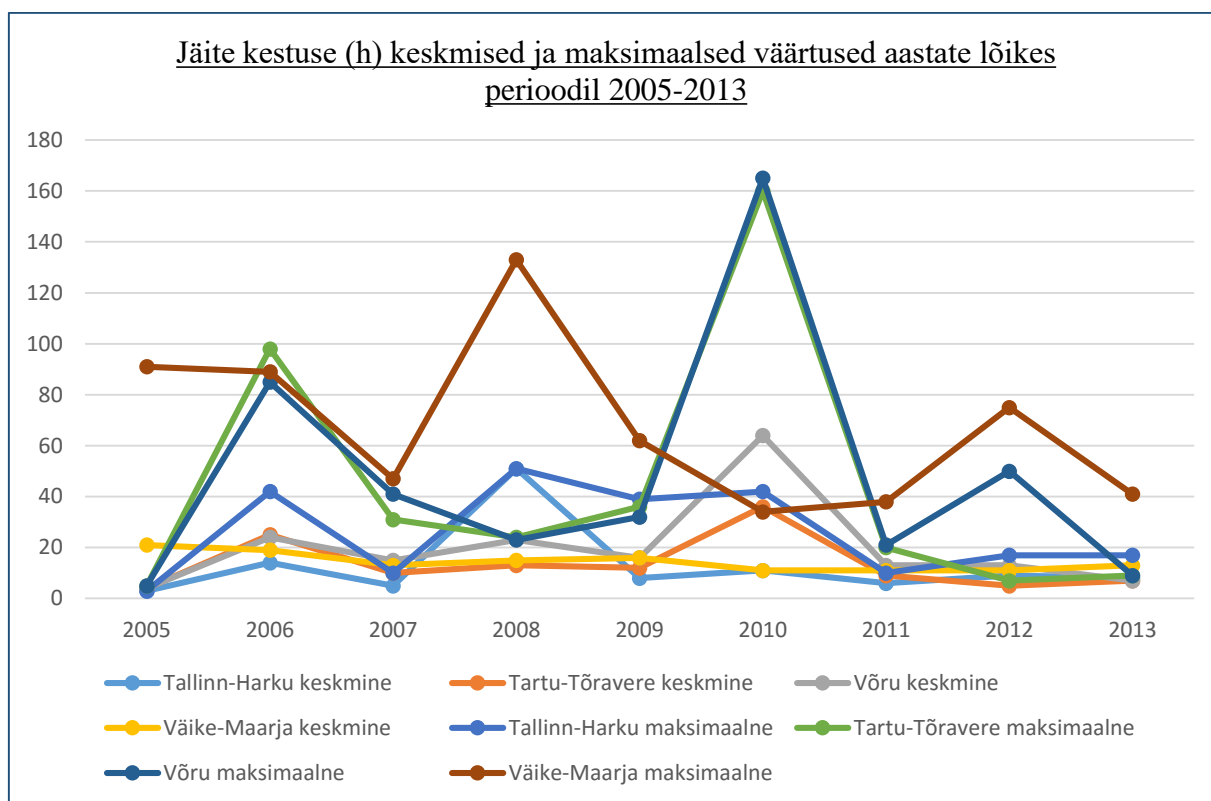
Joonis 5. Perioodi 2005–2013 jäitepäevade arv aasta järgi.

Jäite keskmine kestus antud perioodil (vt Joonis 6) oli Harkus 10, Väike-Maarjas 14, Tõraveres 15 ja Võrus 18 tundi. Antud perioodi Eesti keskmine oli 14 tundi. Käesolevad andmed kajastavad ka hästi jäite ajalise kestuse ja ranniku läheduse vahelist seost. Joonist analüüsides tuleb lähtuda sellest, et Lääne-Eesti ja saarte kohta puuduvad jäite andmed täielikult, seega on antud regioonile kuvatud samajooned täielikult simulatiivsed.



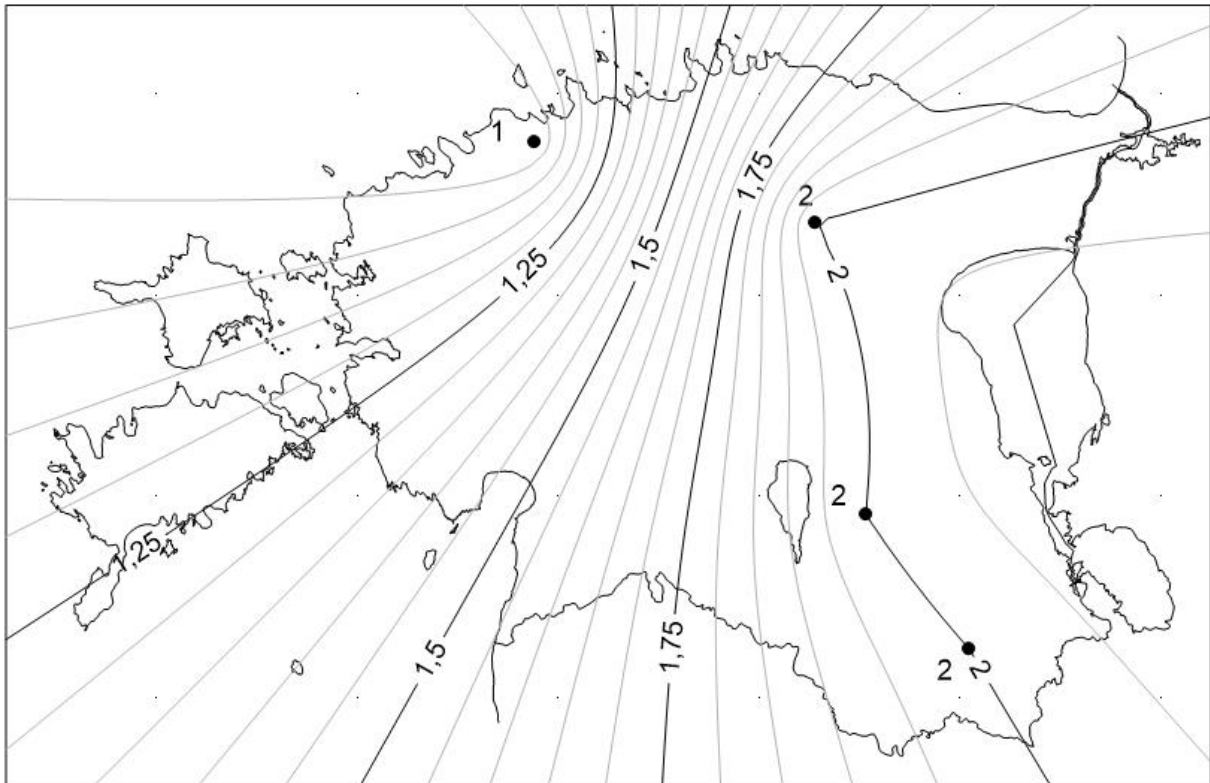
Joonis 6. Jäite keskmine kestus tundides Tallinn-Harku, Tartu-Tõravere, Võru ja Väike-Maarja ilmajaamades ajaperioodil 2005-2013.

Jäite kestuse keskmised ja maksimaalsed väärtused tundides aastate lõikes ajavahemikus 2005-2013 on kajastatud Joonisel 7 (vt Joonis 7). Sellelt jooniselt on hästi näha Tartu-Tõravere ja Võru meteoroloogiajaama keskmiste ja maksimaalsete arvvaartuste sarnasus, mis on tingitud sarnastest meteoroloogilis-kliimatilistest aspektidest. Ühtlasi on märkimisväärne Väike-Maarja maksimaalsete tulemuste pöördvõrdeline seos Tallinn-Harku, Tartu-Tõravere ja Võru ilmajaamadega. Eelmainitud seose ainukeseks erandiks on aasta 2006. Täiendavate seletuste tegemiseks ja saamiseks oleks vajalik uurida konkreetsete ajajärgude ilmaandmeid ning õhumasside liikumisi.



Joonis 7. Jäite kestuse (h) keskmised ja maksimaalsed väärtused aastate lõikes perioodil 2005-2013.

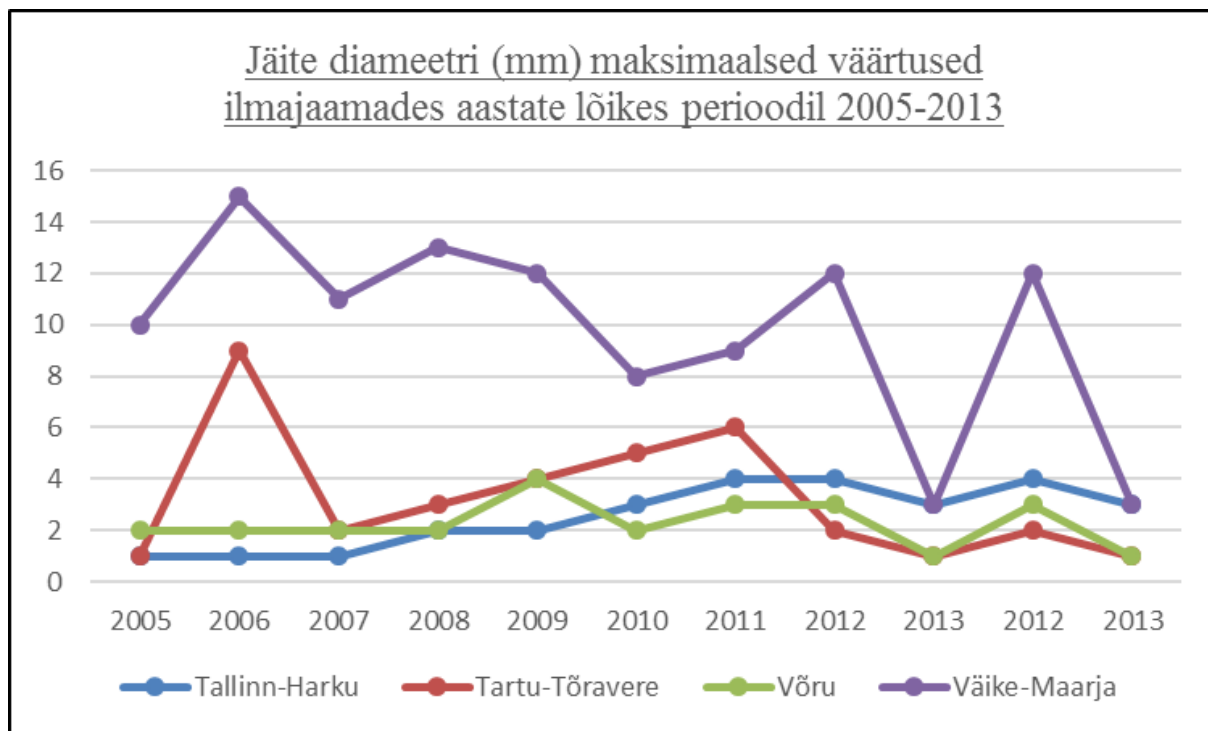
Käesolev joonis (vt Joonis 8) peaks kujutama kõige tõenäolisemalt üldist jäite esinemist Eestis homogeensete õhumasside korral ehk jäite ladestuse läbimõõt on seda suurem, mida kaugemal on mererannik.



Joonis 8. Jäite keskmine diameeter perioodil 2005-2013 Tallinn-Harku, Tartu-Tõravere, Võru, Väike-Maarja ilmajaamades.

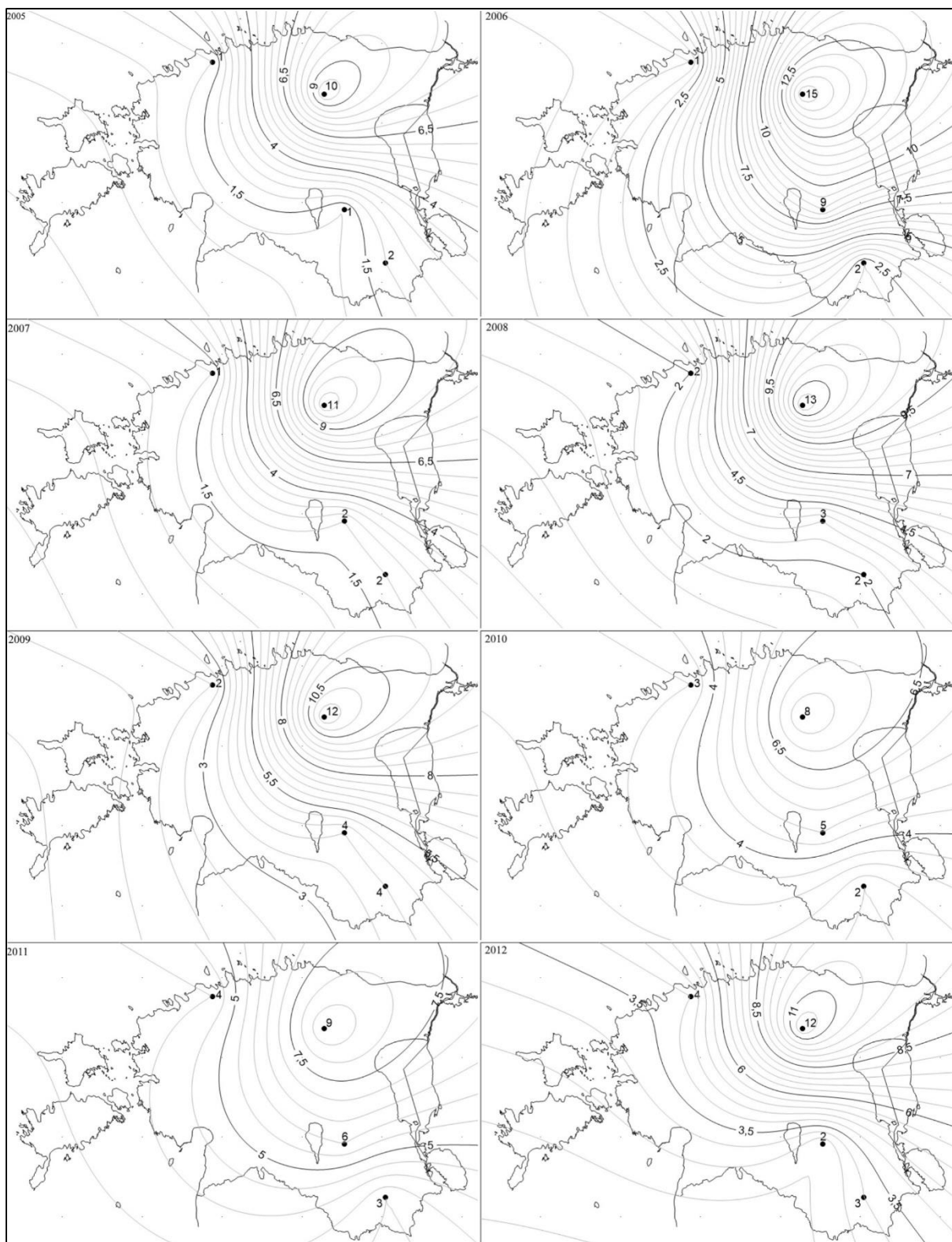
Jäite ladestuse mass arvutatakse siis kui jäite diameeter on vähemalt 5 mm (Tillmann, 2016). Uuritaval perioodil ületas jäide eelmainitud tingimuse ainult kahes jaamas kokku 16 korda – Tartu-Tõravere ilmajaamas 1 korra (2011. aastal) ja Väike-Maarjas 15 korda. Mõlemat asukohta ühendab 2011. aasta 17. jaanuar, sest siis mõõdeti Tõraveres 6 mm ja Lääne-Virumaal 9 mm läbimõõduga ning sellest tulenevalt 72 g ehk 288 g/m jäite ladestus, mis on ka kogu 2005-2013 perioodi rekordkaaluga jäide. Eriti ohtlikku ehk üle 20 mm diameetriga jäidet perioodil 2005-2013 ei täheldatud. Kõige suurem läbimõõt – 15 mm – mõõdeti 25.02.2006 Tartu meteoroloogiajaamas, kõige suurem tusedus ehk paksus⁵ – 11 mm – aga Väike-Maarja meteoroloogiajaamas sama aasta 7. jaanuaril.

⁵ Kuna paksus on valdavalt info, mida kasutatakse ainult jäitetraadist tulenevalt jäitemõõtmisi tehes, ei peatuta käesolevas töös sellel näitajal väga pikalt.

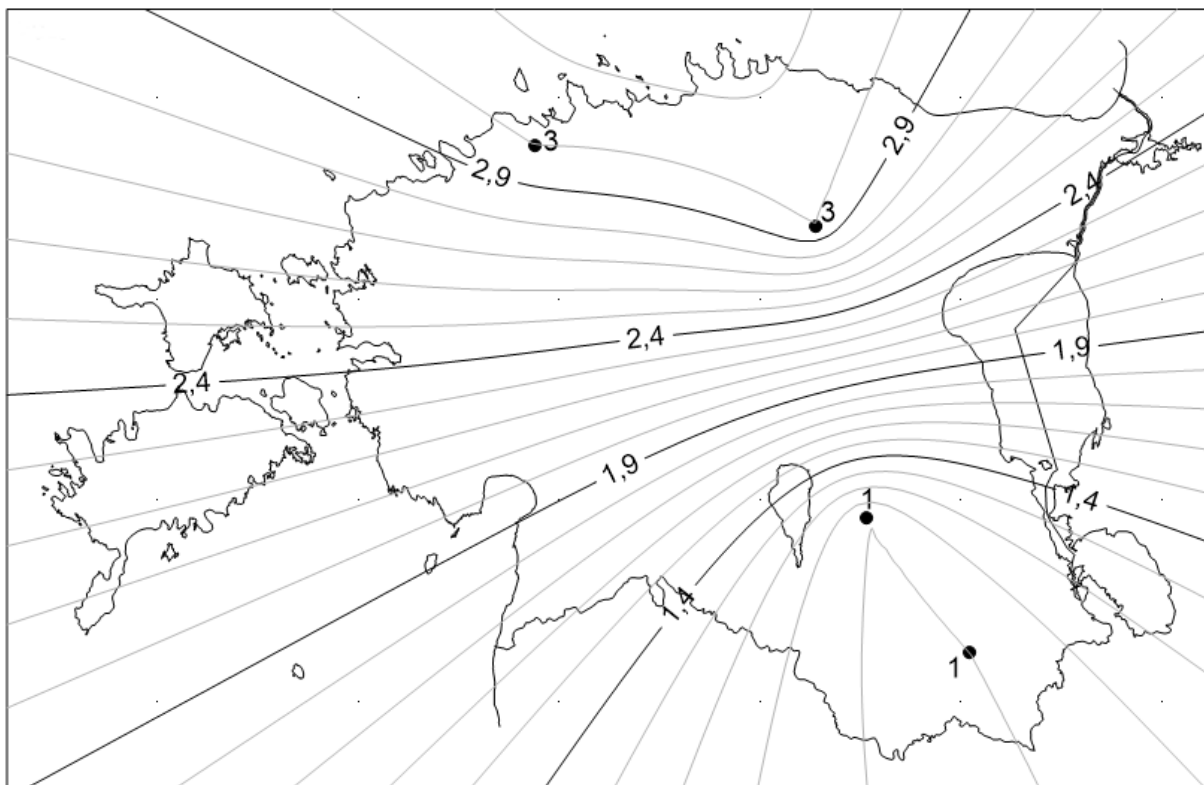


Joonis 9. Jäite diameetri (mm) maksimaalsed väärtused ilmajaamades aastate lõikes perioodil 2005-2013.

Nii Joonis 9 kui ka Joonis 10, mis kujutavad jäite diameetri maksimaalseid väärtusi ajalis-ruumilis aspektis perioodidel 2005-2013 ja 2005-2012, annavad infot üldise jäite diameetri vähenemise kohta, seda eriti just käesoleva kümnendi algusest alates. Töös jäävad salapäraseks ja natuke mõistmatuks Väike-Maarja läbivad maksimaalsed näitajad. Mõneti on see selgitatav üldiste madalamate aastaste keskmiste õhutemperatuuridega antud regioonis (Jaagus et al., 2013). Välistada ei saa ka Pandivere kõrgustiku mõju jäätuvate sademete tekkeks sobivate tingimuste – rannikult tuleva sooja õhu jõudmise blokeerimine alumistesse õhukihtidesse – loomisele. Konkreetsemate järelduste tegemiseks tuleks uurida jäite parameetreid samal kaugusel merest mõnes teises Eesti kohas, näiteks Raplas. Pandivere kõrgustiku jäite moodustumist soodustava teooria kontrollimiseks aga samal laiuskraadil paiknevates Habaja ja Iisaku asulates. Pandivere kõrgustiku analoogiast johtuvalt oleks huvitav teada ka Lääne-Saaremaa kõrgustiku potentsiaalset mõju jäite tekkele saare rannikul ja sisemaa, kuid paraku jäite andmed selle piirkonna kohta puuduvad.



Joonis 10. Jäite diameetri maksimaalsed väärtused millimeetrites perioodil 2005-2012.



Joonis 11. Jäite diameetri maksimaalsed väärtused millimeetrites 2013. aastal.

2013. aasta jäite diameetri maksimaalsed väärtused (vt Joonis 11) erinevad kõige rohkem kaheksast eelnevast aastast. See väljendub sisemaa jäite ladestuse diameetri maksimaalsete väärtuste kolmekordses erinevuses Väike-Maarja ja rannikuga. Joonisel 11 ei kehti ka Joonisel 10 nähtav dendent, mis annab tunnistust ranniku ja sisemaa maksimaalsete jäite läbimõõtude sarnasusest. Seega võib väita, et ranniku lähedus mõjutab jäite kestus, kuid mitte oluliselt arvmõõtmete suurust.

Tabel 2. Jäite maksimaalsed näitajad Tallinn-Harku, Tartu-Tõravere, Võru ja Väike-Maarja meteoroloogiajaamades perioodil 2005-2013.

	Maksimaalne kestus (h)	Maksimaalne diameeter (mm)	Maksimaalne paksus (mm)
Tallinn-Harku	51	4	1
Tartu-Tõravere	160	9	5
Võru	165	4	4
Väike-Maarja	133	15	11

Kõige suurema kestusega – 165 tundi – oli jäide Võrus (vt Tabel 2). Kõige suurema läbimõõdu, milleks oli 15 millimeetrit, ja paksusega, milleks oli 11 millimeeterit, jäite ladestused registreeriti Võru meteoroloogია jaamades.

Tabel 3. Jäite maksimaalsete näitajate võrdlus perioodidel 1950-1991, 1991-2005 ja 2005-2013. (Tillmann, 2008) Lisatud on ka näitaja mõõtmiskoht, kuu ja aasta.

	Periood 1950–1991	Periood 1991–2005	Periood 2005–2013
Jäite maksimaalne kestus (h)	178 Väike-Maarja II 1982	116 Väike-Maarja II 1996	165 Võru XII 2010
Jäite maksimaalne diameeter (mm)	73 Väike-Maarja XI 1968	10 Väike-Maarja II 2003	15 Väike-Maarja I 2006
Jäite maksimaalne kaal (g/m)	416 Väike-Maarja XI 1968	104 Väike-Maarja XI 2003	288 Väike-Maarja I 2011

Võru ilmajaama antud perioodi jäite maksimaalse kestuse rekord 165 h on seletatav 2010–2011. talve erakordsete miinuskraadidega (Jaagus et al., 2013). Antud talve võib üldse lugeda selle sajandi üheks kui mitte kõige külmemaks talveks. Sarnaseid analooge leidis käesoleva väitekirja autor ka 1996. aasta veebruarikuu kohta. Samuti on loogiline, et jäite maksimaalne kestus on tugevas seoses väga madalate miinuskraadide ilmnemise ja püsimisega. Hoolimata sellest, et kokkuvõttes on jäitenäitajad vähenenud, registreeriti perioodil 2005–2013 Eesti kõigi aegade teised maksimaalsed tulemused (vt Tabel 3).

Kokkuvõte

Käesolev töö on esimene Eesti ajalis-ruumilisi jäätetreende analüüsiv uurimus Eestis. See põhineb Riigi Ilmateenistuse jäite andmetel. Perioodi 2005–2013 kohta teostatud jäite ajalis-ruumiline analüüs hõlmab 4 vaatlusjaama andmeid.

Töö tulemusena leiti, et perioodil 2005–2013 kui ka üldiselt on jäide Eestis pigem harva kui sagedasti esinev nähtus. Üheksa aasta pikkuse ajavahemiku vältel registreeriti seda kõigest 314 korral. Samuti ei küündi Eesti jäite põhiparameetrid ehk keskmine kestus, mis on 14 tundi, ja keskmine läbimõõt, mis on 2 mm, ohtlike piirideni, kuid põhjustavad siiski märgatavalt teelibedust ning sellest tulenevalt liiklusõnnetusi.

Arvestades kogu perioodi 1950–2013 andmestikku jäite kohta, võib öelda, et jäite parameetrid üldiselt vähenevad, hoolimata sellest, et viimasel kümnendil on täheldatud nii jäite ladestuse diameetri kui ka tuseduse tõusu. Maksimaalne jäite ladestuse läbimõõt perioodil 2005–2013 oli 15 mm ning see mõõdeti Väike-Maarja ilmajaamas.

Hoolimata selles, et jäide on meteoroloogiline nähtus, mille mõõtmismeetodid pole tehnoloogiliselt kõige kaasaegsemad, see tähendab, et jäite mõõtmiseks ei kasutata, vähemalt Eestis, automaatseid seadmeid, leiab töö autor, et jäidet tuleb siiski edaspidigi uurida. Jäide, eriti selle tekkeaeg, annab aimu hetkelistest õhumasside kihistustest ning võimaldab pikas perspektiivis laiaulatuslike klimatoloogiliste järelduste tegemist. Väga suur probleem on autori arvates ka Loode-, Lääne- ja Edela-Eesti ning saarte jäiteandmete puudumine. Jäiteuuringute võrku tuleks kindlasti laiendada, sest nelja vaatlusjaama, mis paiknevad Põhja-, Ida- ja Lõuna-Eestis, andmete põhjal laiaulatuslike regionaalsete järelduste tegemiseks ei piisa. Jäite uuringud aitavad analüüsida paremini ka musta jää tekkimist ning sellest tulenevalt parendada teehooldust libeduse esinemisel.

Spatio-temporal distribution of glaze in Estonia, 2005-2013

Reemet Okas

Summary

This is the first study of spatio-temporal glaze distribution in Estonia. The analysis bases on spatio-temporal distribution of glaze data obtained from four Estonian Weather Service weather stations from 2005 to 2013.

As a result, it was found that during the period 2005–2013 as well as in general glaze was a meteorological phenomenon, which occurred in Estonia rather seldomly than frequently. During the nine year period, glaze was registered 314 times. Also the basic parameters, 14 h of mean occurrence and average diameter of 2 mm, of Estonian glaze do not outreach the severe parameters, nonetheless glaze still causes car accidents due to road slickness.

In consideration of the whole glaze data of the period from 1950–2013, can be found that the parameters of glaze mainly decrease, even though the data from the last decade shows signs of increase in the glaze diameter and thickness. The maximum diameter of glaze during the period from 2005 to 2013 was 15 mm and it was measured in Väike-Maarja weather station.

Despite the fact that glaze is a meteorological phenomenon, which methods of measurement are not as technologically advanced as other measurement methods of meteorological phenomena, for example rain measurement gadgets, are, glaze measuring must be continued. Glaze analysis, especially its time of formation gives valuable information about the occurring fronts and helps to make large-scale climatological conclusions. The biggest problem in Estonian glaze surveying is the deficiency of the data about the biggest islands Hiiumaa and Saaremaa, North-West, South-West and West continental regions. Glaze surveying must be continued, because the four weather stations, which are situated in the North-, East- and South-Estonia, are not sufficient for far-reaching regional conclusions. Glaze surveying also aids the analysis of the formation of black ice on roads, helping to improve the road maintenance.

Tänuavaldus

Oma töö valmimise, kannatlikkuse, igal ajal kättesaadavuse ning põhjalike nõuannete eest avaldan kõige suurimat tänu oma juhendajale Jüri Kamenikule.

Kasutatud allikad

- Ahrens, C. D., 2008. *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*, 9th Edition. Brooks/Cole. Albany, pp. 181-183.
- Brădă, C. D., Crețu, C., 2012. Ice Deposits Under the Shape of Glazed Frost – Risk Phenomena in the Area of Deva City. *Annals of the University of Oradea, Geography Series*. University of Oradea. Oradea, 209-213.
- Jürissaar, M., 2007. *Lennundusmeteoroloogia*. Tartu Lennukolledž. Tartu, pp 69-70.
- Jürissaar, M., 2011. *Meteoroloogia*. Eesti Lennuakadeemia. Tartu, pp. 17.
- Kamenik, J., 2015. *Eesti pilveatlas*. Varrak. Tallinn, pp. 68-69, 229.
- Laurinavičius, A., Čygas, D., Čiuprinskas, K., Juknevičiūtė, L., 2007. Data Analysis and Evaluation of Road Weather Information System Integrated in Lithuania. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 2: 5-11.
- Lébatto, E. B., Farzaneh M., Lozowski, E. P., 2015. Conductor icing: Comparison of a glaze icing model with experiments under severe laboratory conditions with moderate wind speed. *Cold Regions Science and Technology* 113: 20-30.
- Mander, Ü., Liiber, Ü., 2014. *Üldmaateadus*. Eesti Loodusfoto. Tartu, pp. 274.
- Okada, T., 1914. Notes on the Formation of Glazed Frost. *Monthly Weather Review*. Central Meteorological Observatory. Tokyo, pp. 284-286.
- Sanzen-Baker, R. G., Nimmo, M., 1941. Glazed Frost 1940 – Damage to Forest Trees in England and Wales. *Forestry Commission Research Branch*. Forestry 15, 37-54.
- Tillmann, E., 2008. Tammets, T., Kallis, A. (Eds.), *Eesti ilma riskid*. Tallinna Raamatutrükikoda. Tallinn, pp. 82-87.
- Tarand, A., Jaagus, J., Kallis, A., 2013. *Eesti kliima minevikus ja tänapäeval*. Tartu Ülikooli Kirjastus. Tartu, pp. 412.
- Tillmann, E., 2016. *Jäite-härma ladestuse vaatluse juhend*. Keskkonnaagentuur. Riigi Ilmateenistus. Ilmavaatlusosakond. Tallinn.
- World Meteorological Organization, 1975. *International Cloud Atlas: Manual on the observation of clouds and other meteors*. Vol. 1. Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, pp. 142.

Internetiallikad:

American Meteorological Society (AMS), 2012. AMS Glossary of Meteorology, 22.05.2016. [WWW] <http://glossary.ametsoc.org/wiki/Glaze>

Ilmateenistus, 2016. Ilm.ee nädalaprognoos, 23.05.2016. [WWW] <http://ilm.ee/?514984>

Politsei- ja Piirivalveamet, 2016. Liiklusinfo 18.02.2016, 23.05.2016. [WWW] <https://www.politsei.ee/et/uudised/uudis.dot?id=557101>

Politsei- ja Piirivalveamet, 2016. Liiklusinfo 21.02.2016, 23.05.2016. [WWW] <https://www.politsei.ee/et/uudised/uudis.dot?id=557107>

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Reemet Okas (sünnikuupäev: 16.03.1994)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Jäite ajalis-ruumiline esinemine Eestis perioodil 2005-2013“, mille juhendaja on Jüri Kamenik,
 - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi Dspace-'s lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu sealhulgas digiarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **23.05.2016**